

**(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG**

**(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro**



A standard linear barcode is located at the bottom of the page, spanning most of the width.

**(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Oktober 2004 (21.10.2004)**

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/090471 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01C 19/56,  
25/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/003248

(22) Internationales Anmeldedatum:  
26. März 2004 (26.03.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 17 158.4 14. April 2003 (14.04.2003) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): LITEF GMBH [DE/DE]; Lörracher Str. 18, 79115 Freiburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): SCHRÖDER, Werner [DE/DE]; Büsägestr. 14, 77955 Ettenheim (DE).

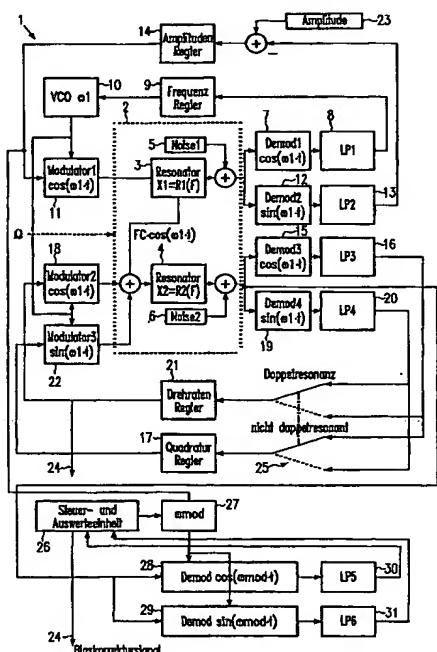
(74) Anwalt: MÜLLER, Frithjof, E.; Müller . Hoffmann & Partner, Innere Wiener Strasse 17, 81667 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A ZERO-POINT ERROR IN A VIBRATORY GYROSCOPE**

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG EINES NULLPUNKTFEHLERS IN EINEM CORIOLISKREISEL



14... AMPLITUDE REGULATOR  
 9... FREQUENCY REGULATOR  
 21... ROTATIONAL SPEED REGULATOR  
 17... QUADRATURE REGULATOR  
 AA... DOUBLE RESONANCE  
 BB... NO DOUBLE RESONANCE  
 26... CONTROL AND EVALUATION UNIT  
 24... BIAS CORRECTION SIGNAL

**(57) Abstract:** The invention relates to a method for determining the zero-point error of a vibratory gyroscope (1). According to said method, the resonator (2) of the vibratory gyroscope (1) is impinged by appropriate interference forces in such a way that at least one intrinsic vibration of the resonator (2), which differs from the excitation vibration and the readout vibration of the resonator (2), is induced and a modification of a readout signal that represents the readout vibration, resulting from the excitation of the intrinsic vibration(s) is determined as a value for the zero-point error.

**(57) Zusammenfassung:** Bei einem Verfahren zur Ermittlung des Nullpunktfehlers eines Corioliskreisels ( $1'$ ) wird der Resonator ( $2$ ) des Corioliskreisels ( $1'$ ) mit entsprechenden Störkräften so beaufschlagt, dass wenigstens eine Eigenschwingung des Resonators ( $2$ ), die sich von der Anregungsschwingung und der Ausleseschwingung des Resonators ( $2$ ) unterscheidet, angeregt wird, und eine Änderung einer die Ausleseschwingung repräsentierenden Auslesesignals, die aus der Anregung der wenigstens einen Eigenschwingung resultiert, als Mass für den Nullpunktfehler ermittelt wird.



(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

1

**Verfahren zur Ermittlung eines Nullpunktfehlers in einem  
Corioliskreisel**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung eines Nullpunktfehlers  
in einem Corioliskreisel.

Corioliskreisel (auch Vibrationskreisel genannt) werden in zunehmendem Umfang zu Navigationszwecken eingesetzt. Corioliskreisel weisen ein Massensystem auf, das in Schwingungen versetzt wird. Diese Schwingung 10 ist in der Regel eine Überlagerung einer Vielzahl von Einzelschwingungen. Diese Einzelschwingungen des Massensystems sind zunächst voneinander unabhängig und lassen sich jeweils abstrakt als "Resonatoren" auffassen. Zum Betrieb eines Vibrationskreisels sind wenigstens zwei Resonatoren erforderlich: einer dieser Resonatoren (erster Resonator) wird künstlich zu 15 Schwingungen angeregt, die im Folgenden als "Anregungsschwingung" bezeichnet wird. Der andere Resonator (zweiter Resonator) wird nur dann zu Schwingungen angeregt, wenn der Vibrationskreisel bewegt/gedreht wird. In diesem Fall treten nämlich Corioliskräfte auf, die den ersten Resonator mit dem zweiten Resonator koppeln, der Anregungsschwingung des ersten 20 Resonators Energie entnehmen und diese auf die Ausleseschwingung des zweiten Resonators übertragen. Die Schwingung des zweiten Resonators wird im Folgenden als "Ausleseschwingung" bezeichnet. Um Bewegungen (insbesondere Drehungen) des Corioliskreisels zu ermitteln, wird die Ausleseschwingung abgegriffen und ein entsprechendes Auslesesignal (z. B. 25 das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal) daraufhin untersucht, ob Änderungen in der Amplitude der Ausleseschwingung, die ein Maß für die Drehung des Corioliskreisels darstellen, aufgetreten sind. Corioliskreisel können sowohl als Open-Loop-Systeme als auch als Closed-Loop-Systeme realisiert werden. In einem Closed-Loop-System wird über jeweilige 30 Regelkreise die Amplitude der Ausleseschwingung fortlaufend auf einen festen Wert - vorzugsweise null - zurückgestellt.

35 Im Folgenden wird zur weiteren Verdeutlichung der Funktionsweise eines Corioliskreisels unter Bezugnahme auf Figur 2 ein Beispiel eines Corioliskreisels in Closed-Loop-Ausführung beschrieben.

Ein solcher Corioliskreisel 1 weist ein in Schwingungen versetzbares

- 2 -

1 Massensystem 2 auf, das im Folgenden auch als "Resonator" bezeichnet wird. Diese Bezeichnung ist zu unterscheiden von den oben erwähnten "abstrakten" Resonatoren, die Einzelschwingungen des "echten" Resonators darstellen. Wie bereits erwähnt, kann der Resonator 2 als System aus zwei  
5 "Resonatoren" (erster Resonator 3 und zweiter Resonator 4) aufgefasst werden. Sowohl der erste als auch der zweite Resonator 3, 4 sind jeweils an einen Kraftgeber (nicht gezeigt) und an ein Abgriffssystem (nicht gezeigt) gekoppelt. Das Rauschen, das durch die Kraftgeber und die Abgriffssysteme erzeugt wird, ist hier durch Noise1 (Bezugszeichen 5) und Noise2  
10 (Bezugszeichen 6) schematisch angedeutet.

Der Corioliskreisel 1 weist des Weiteren vier Regelkreise auf:

Ein erster Regelkreis dient zur Regelung der Anregungsschwingung (d.h. der  
15 Frequenz des ersten Resonators 3) auf eine feste Frequenz (Resonanzfrequenz). Der erste Regelkreis weist einen ersten Demodulator 7, ein erstes Tiefpassfilter 8, einen Frequenzregler 9, einen VCO ("Voltage Controlled Oscillator") 10 und einen ersten Modulator 11 auf.

20 Ein zweiter Regelkreis dient zur Regelung der Anregungsschwingung auf eine konstante Amplitude und weist einen zweiten Demodulator 12, ein zweites Tiefpassfilter 13 und einen Amplitudenregler 14 auf.

Ein dritter und ein vierter Regelkreis dienen zur Rückstellung derjenigen  
25 Kräfte, die die Ausleseschwingung anregen. Dabei weist der dritte Regelkreis einen dritten Demodulator 15, ein drittes Tiefpassfilter 16, einen Quadraturregler 17 und einen dritten Modulator 22 auf. Der vierte Regelkreis enthält einen vierten Demodulator 19, ein vierstes Tiefpassfilter 20, einen Drehratenregler 21 und einen zweiten Modulator 18.

30 Der erste Resonator 3 wird mit dessen Resonanzfrequenz  $\omega_1$  angeregt. Die resultierende Anregungsschwingung wird abgegriffen, mittels des ersten Demodulators 7 in Phase demoduliert, und ein demodulierter Signalanteil wird dem ersten Tiefpassfilter 8 zugeführt, der daraus die Summenfrequenzen entfernt. Das abgegriffene Signal wird im Folgenden auch als Anregungsschwingungs-Abgriffssignal bezeichnet. Ein Ausgangssignal des ersten Tiefpassfilters 8 beaufschlagt einen

- 3 -

- 1 Frequenzregler 9, der in Abhängigkeit des ihm zugeführten Signals den VCO  
10 so regelt, dass die In-Phase-Komponente im Wesentlichen zu Null wird.  
Dazu gibt der VCO 10 ein Signal an den ersten Modulator 11, der seinerseits  
einen Kraftgeber so steuert, dass der erste Resonator 3 mit einer  
5 Anregungskraft beaufschlagt wird. Ist die In-Phase-Komponente Null, so  
schwingt der erste Resonator 3 auf seiner Resonanzfrequenz  $\omega_1$ . Es sei  
erwähnt, dass sämtliche Modulatoren und Demodulatoren auf Basis dieser  
Resonanzfrequenz  $\omega_1$  betrieben werden.
- 10 Das Anregungsschwingungs-Abgriffssignal wird des Weiteren dem zweiten  
Regelkreis zugefurt und durch den zweiten Demodulator 12 demoduliert,  
dessen Ausgabe das zweite Tiefpassfilter 13 passiert, dessen Ausgangssignal  
wiederum dem Amplitudenregler 14 zugefurt wird. In Abhängigkeit dieses  
Signals und eines Soll-Amplitudengebers 23 regelt der Amplitudenregler 14  
15 den ersten Modulator 11 so, dass der erste Resonator 3 mit einer  
konstanten Amplitude schwingt (d.h. die Anregungsschwingung weist eine  
konstante Amplitude auf).

Wie bereits erwähnt wurde, treten bei Bewegung/Drehungen des  
20 Corioliskreisels 1 Corioliskräfte – in der Zeichnung durch den Term  
 $FC \cdot \cos(\omega_1 \cdot t)$  angedeutet – auf, die den ersten Resonator 3 mit dem zweiten  
Resonator 4 koppeln und damit den zweiten Resonator 4 zum Schwingen  
anregen. Eine resultierende Ausleseschwingung der Frequenz  $\omega_2$  wird  
abgegriffen, sodass ein entsprechendes Ausleseschwingungs-Abgriffssignal  
25 (Auslesesignal) sowohl dem dritten als auch dem vierten Regelkreis  
zugefurt wird. Im dritten Regelkreis wird dieses Signal durch den dritten  
Demodulator 15 demoduliert, Summenfrequenzen durch das dritte  
Tiefpassfilter 16 entfernt und das tiefpassgefuerte Signal dem  
Quadraturregler 17 zugefurt, dessen Ausgangssignal den dritten Modulator  
30 22 so beaufschlagt, dass entsprechende Quadraturanteile der  
Ausleseschwingung rückgestellt werden. Analog hierzu wird im vierten  
Regelkreis das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal durch den vierten  
Demodulator 19 demoduliert, durchläuft das vierte Tiefpassfilter 20, und ein  
entsprechend tiefpassgefuerte Signal beaufschlagt einerseits den  
35 Drehratenregler 21, dessen Ausgangssignal proportional zur momentanen  
Drehrate ist und als Drehraten-Messergebnis auf einen Drehratenausgang  
24 gegeben wird, und andererseits den zweiten Modulator 18, der

- 4 -

1 entsprechende Drehratenanteile der Ausleseschwingung rückstellt..

Ein Corioliskreisel 1 wie oben beschrieben kann sowohl doppelresonant als auch nichtdoppelresonant betrieben werden. Wird der Corioliskreisel 1 5 doppelresonant betrieben, so ist die Frequenz  $\omega_2$  der Ausleseschwingung annähernd gleich der Frequenz  $\omega_1$  der Anregungsschwingung, wohingegen im nichtdoppelresonanten Fall die Frequenz  $\omega_2$  der Ausleseschwingung verschieden von der Frequenz  $\omega_1$  der Anregungsschwingung ist. Im Fall der 10 Doppelresonanz beinhaltet das Ausgangssignal des vierten Tiefpassfilters 20 entsprechende Information über die Drehrate, im nichtdoppelresonanten Fall dagegen das Ausgangssignal des dritten Tiefpassfilters 16. Um zwischen den unterschiedlichen Betriebsarten doppelresonant/nichtdoppelresonant umzuschalten, ist ein Doppelschalter 25 vorgesehen, der die Ausgänge des dritten und vierten Tiefpassfilters 16, 20 wahlweise mit dem Drehratenregler 15 21 und dem Quadraturregler 17 verbindet.

Das Massensystem 2 (Resonator) weist generell mehrere Eigenresonanzen auf, d. h. es können verschiedene Eigenschwingungen des Massensystems 2 angeregt werden. Eine dieser Eigenschwingungen ist die künstlich erzeugte 20 Anregungsschwingung. Eine weitere Eigenschwingung stellt die Ausleseschwingung dar, die durch die Corioliskräfte bei Drehung des Corioliskreisels 1 angeregt wird. Durch die mechanische Struktur bedingt bzw. aufgrund unvermeidbarer Fertigungstoleranzen kann nicht verhindert werden, dass neben der Anregungsschwingung und der Ausleseschwingung 25 auch andere Eigenschwingungen des Massensystems 2, teilweise weitab von deren Resonanz, angeregt werden. Die unerwünscht angeregten Eigenschwingungen bewirken jedoch eine Änderung des Ausleseschwingungs-Abgriffssignals, da diese Eigenschwingungen am Ausleseschwingungs-Signalabgriff wenigstens teilweise mitausgelesen 30 werden. Das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal setzt sich demnach aus einem Teil, der durch Corioliskräfte hervorgerufen wird, und einem Teil, der von der Anregung unerwünschter Resonanzen herrührt, zusammen. Der unerwünschte Teil verursacht einen Nullpunktfehler des Corioliskreisels, dessen Größe nicht bekannt ist, womit beim Abgreifen des 35 Ausleseschwingungs-Abgriffssignals nicht zwischen diesen beiden Teilen differenziert werden kann.

- 5 -

1 Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe ist es, ein Verfahren bereit zu stellen, mit dem der oben beschriebene Einfluss der Schwingungen "dritter" Moden bestimmt und somit der Nullpunktfehler ermittelt werden kann.

5 Diese Aufgabe wird durch das Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Ferner stellt die Erfindung einen Corioliskreisel gemäß Patentanspruch 7 bereit. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Erfindungsgedankens finden sich in jeweiligen Unteransprüchen.

10 Erfindungsgemäß wird bei einem Verfahren zur Ermittlung eines Nullpunktfehlers eines Corioliskreisels der Resonator des Corioliskreisels mit entsprechenden Störkräften so beaufschlagt, dass wenigstens eine Eigenschwingung des Resonators, die sich von der Anregungsschwingung und der Ausleseschwingung des Resonators unterscheidet, angeregt wird,

15 wobei eine Änderung einer die Ausleseschwingung repräsentierenden Auslesesignals, die aus der Anregung der wenigstens einen Eigenschwingung resultiert, als Maß für den Nullpunktfehler ermittelt wird.

Unter "Resonator" wird hierbei das gesamte in Schwingung versetzbare Massensystem des Corioliskreisels verstanden, also mit Bezug auf Fig. 2 der mit Bezugsziffer 2 gekennzeichnete Teil des Corioliskreisels.

Die der Erfindung zugrundeliegende Idee ist, unerwünschte Eigenschwingungen des Resonators (d. h. Eigenschwingungen, die weder die Anregungsschwingung noch die Ausleseschwingung sind) künstlich anzuregen, und deren Auswirkungen auf das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal zu beobachten. Die Anregung der unerwünschten Eigenschwingungen erfolgt hierbei durch Beaufschlagen des Resonators mit entsprechenden Störkräften. Die "Durchschlagsstärke" derartiger Störungen auf das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal stellt ein Maß für den Nullpunktfehler ("Bias") des Corioliskreisels dar. Ermittelt man also die Stärke eines in dem Ausleseschwingungs-Abgriffssignal enthaltenen Störanteils und vergleicht man diesen mit der Stärke der diesen Störanteil erzeugenden Störkräfte, so lässt sich daraus der Nullpunktfehler ableiten.

35

Vorzugsweise erfolgt die künstliche Anregung der Eigenschwingungen sowie das Ermitteln des "Durchschlags" der Eigenschwingungen auf das

- 6 -

1 Ausleseschwingungs-Abgriffssignal während des Betriebs des Corioliskreisels.  
Die Bestimmung des Nullpunktfehlers kann jedoch auch ohne Existenz von  
Anregungsschwingung durchgeführt werden.  
5 Die Störkräfte sind vorzugsweise Wechselkräfte mit entsprechenden  
Störfrequenzen, beispielsweise eine Überlagerung von Sinus- bzw.  
Kosinuskräften. Hierbei sind die Störfrequenzen vorteilhafterweise gleich  
oder im Wesentlichen gleich den Eigenschwingungsfrequenzen des  
Resonators. Die Änderungen des Auslesesignals (Störanteil) können erfasst  
werden, indem das Auslesesignal einem Demodulationsprozess auf Basis der  
10 Störfrequenzen unterworfen wird.

Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung des Nullpunktfehlerbeitrags, der durch  
eine der wenigstens einen Eigenschwingung (d. h. durch eine der "dritten"  
Moden) bewirkt wird, durch Ermitteln der Stärke der entsprechenden  
15 Änderung im Auslesesignal, Ermitteln der entsprechenden Resonanzgüte der  
Eigenschwingung und durch Verrechnen von ermittelter Stärke und  
Resonanzgüte.

20 Die Ermittlung der Resonanzgüte einer Eigenschwingung erfolgt  
vorzugsweise durch Verstimmen der entsprechenden Störfrequenz bei  
gleichzeitigem Messen der dadurch bewirkten Änderung im Auslesesignal.

Um die Auswirkungen der unerwünschten Eigenschwingungen auf das  
Ausleseschwingungs-Abgriffssignal zu untersuchen, können mehrere der  
25 Eigenschwingungen gleichzeitig angeregt werden, und deren  
"gemeinsamer" Einfluss auf das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal erfasst  
werden. Vorzugsweise werden alle interessierenden störenden  
Eigenschwingungen jedoch einzeln angeregt und deren jeweilige Auswirkung  
auf das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal separat beobachtet. Die somit  
30 erhaltenen Nullpunktfehlerbeiträge der einzelnen Eigenschwingungen können  
dann addiert werden, um den durch die Eigenschwingungen bewirkten  
"Gesamtnullpunktfehler" (hier als "Nullpunktfehler" bezeichnet) zu  
bestimmen.

35 Der Störanteil kann direkt aus dem Ausleseschwingungs-Abgriffssignal  
ermittelt werden.

- 7 -

1 Die Erfindung stellt weiterhin einen Corioliskreisel bereit, der gekennzeichnet ist durch eine Einrichtung zur Bestimmung eines Nullpunktfehlers des Corioliskreisels. Die Einrichtung weist auf:

5 - eine Störeinheit, die den Resonator des Corioliskreisels mit entsprechenden Störkräften so beaufschlagt, dass wenigstens eine Eigenschwingung des Resonators, die sich von der Anregungsschwingung und der Ausleseschwingung des Resonators unterscheidet, angeregt wird, und

10 - eine Störsignal-Detektiereinheit, die einen Störanteil, der in einem die Ausleseschwingung repräsentierenden Auslesesignal enthalten ist und durch die Anregung der wenigstens einen Eigenschwingung bewirkt wurde, als Maß für den Nullpunktfehler ermittelt.

15 Wenn die Störkräfte durch Wechselkräfte mit bestimmten Störfrequenzen gegeben sind, weist die Störsignal-Detektiereinheit eine Demodulationseinheit auf, mit der das Auslesesignal einem Demodulationsprozess (synchrone Demodulation mit den Störfrequenzen) unterzogen wird. Auf diese Weise wird aus dem Auslesesignal der Störanteil ermittelt.

20 Vorzugsweise weist die Störsignal-Detektiereinheit zwei in Quadratur zueinander arbeitende Demodulatoren, zwei Tiefpassfilter und eine Steuer- und Auswerteeinheit auf, wobei den Demodulatoren das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal zugeführt wird, die Ausgabesignale der beiden Demodulatoren durch jeweils eines der Tiefpassfilter gefiltert werden und die Ausgangssignale der Tiefpassfilter der Steuer- und Auswerteeinheit zugeführt werden, die darauf basierend den Nullpunktfehler ermittelt.

30 Die Steuer- und Auswerteeinheit beaufschlagt auf Basis der ihr zugeführten Signale die Störeinheit, womit die Frequenzen der Störkräfte durch die Steuer- und Auswerteeinheit regelbar sind.

35 Für die Ermittlung des Nullpunktfehlers ist sowohl die Stärke des Störanteils im Auslesesignal als auch die Resonanzgüte der entsprechenden Eigenschwingung zu ermitteln. Sodann sind diese Werte zu verrechnen, um den Nullpunktfehler zu erhalten. Für die Ermittlung der Resonanzgüte ist eine Verstimmung der Frequenz der Störeinheit über die Resonanz bei

- 8 -

1 gleichzeitiger Messung über die Störsignal-Detektoreinheit erforderlich. Dies  
wird vorzugsweise mittels einer Software realisiert, die Folgendes tut:

5           - Aufsuchen der "wesentlichen" dritten (störenden) Eigenresonanzen  
          - Abfahren der zugehörigen Resonanzkurve  
          - Berechnung der Güte und der Stärke der Anregung und der  
            "Sichtbarkeit" dieser dritten Schwingung im Auslesekanal  
          - Berechnung des Beitrags dieser dritten Schwingung zum Bias auf  
            Basis von Güte, Stärke und "Sichtbarkeit"

10

Der Bias kann durch die Software rechnerisch kompensiert werden.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren die  
Erfahrung in beispielweiser Ausführungsform näher erläutert. Es zeigen:

15

**Figur 1** den schematischen Aufbau eines Corioliskreisels, der auf dem  
erfindungsgemäßen Verfahren basiert;

**Figur 2** den schematischen Aufbau eines herkömmlichen Corioliskreisels;

20

In den Zeichnungen sind Teile bzw. Einrichtungen, die denen aus Figur 2  
entsprechen, mit den selben Bezugszeichen gekennzeichnet und werden  
nicht nochmals erläutert. In der folgenden Beschreibung wird unter  
Bezugnahme auf Figur 1 das erfindungsgemäße Verfahren in beispielweiser  
Ausführungsform näher erläutert.

25

Ein rückgestellter Corioliskreisel ist zusätzlich mit einer Steuer- und  
Auswerteeinheit 26, einem Modulator 27 (Störeinheit) mit verstellbarer  
Frequenz  $\omega_{mod}$  und vorzugsweise verstellbarer Amplitude, zwei in Quadratur  
bei der Frequenz  $\omega_{mod}$  arbeitenden Demodulatoren 28, 29, und einem  
30 fünften und sechsten Tiefpassfilter 30 und 31 versehen. Die Störeinheit 27  
erzeugt ein Wechselsignal mit der Frequenz  $\omega_{mod}$ , das auf den Krafteinang  
des Anregungsschwingers (erster Resonator 3) aufaddiert wird. Ferner wird  
dieses Signal den Demodulatoren 28, 29 als Referenzsignal zugeführt. Damit  
wird der Resonator 2 zusätzlich mit einer Wechselkraft, die dem  
35 Wechselsignal entspricht, beaufschlagt. Diese Wechselkraft regt zusätzlich  
zur Anregungsschwingung eine weitere Eigenschwingung (auch als "dritte"  
Eigenmode bezeichnet) des Resonators 2 an, deren Auswirkungen sich in

- 9 -

1 Form eines Störanteils im Ausleseschwingungs-Abgriffssignal beobachten  
lassen. In diesem Beispiel wird das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal einem  
Demodulationsprozess in Phase und Quadratur zur durch den Modulator 27  
bewirkten Anregung unterzogen, der durch die Demodulatoren 28, 29  
5 ausgeführt wird und bei der Frequenz  $\omega_{mod}$  (Störfrequenz) erfolgt. Das somit  
erhaltene Signal wird tiefpassgefiltert (durch das fünfte und sechste  
Tiefpassfilter 30, 31) und der Steuer- und Auswerteeinheit 26 zugeführt.  
Diese Steuer- und Auswerteeinheit 26 steuert die Frequenz  $\omega_{mod}$  und  
eventuell die Anregungsamplitude des durch den Modulator 27 erzeugten  
10 Wechselsignals derart, dass die Frequenzen und Stärken der "wesentlichen"  
dritten Eigenmoden sowie deren Güten laufend ermittelt werden. Die Steuer-  
und Auswerteeinheit 26 berechnet hieraus den jeweils aktuellen Biasfehler  
und führt sie einer Korrektur des Kreiselbias zu.

15

20

25

30

35

- 10 -

1

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Ermittlung eines Nullpunktfehlers eines Corioliskreisels (1'), bei dem
  - 5 - der Resonator (2) des Corioliskreisels (1') mit entsprechenden Störkräften so beaufschlagt wird, dass wenigstens eine Eigenschwingung des Resonators (2), die sich von der Anregungsschwingung und der Ausleseschwingung des Resonators (2) unterscheidet, angeregt wird, und
    - eine Änderung einer die Ausleseschwingung repräsentierenden Auslesesignals, die aus der Anregung der wenigstens einen Eigenschwingung resultiert, als Maß für den Nullpunktfehler ermittelt wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Störkräfte Wechselkräfte mit entsprechenden Störfrequenzen sind, wobei die Störfrequenzen Eigenschwingungs-Frequenzen des Resonators (2) sind.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Änderung des Auslesesignals erfasst wird, indem das Auslesesignal einem Demodulationsprozess auf Basis der Störfrequenzen unterworfen wird.
- 25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des Nullpunktfehlerbeitrags, der durch eine der wenigstens einen Eigenschwingung bewirkt wird, durch Ermitteln der Stärke der entsprechenden Änderung im Auslesesignal, Ermitteln der entsprechenden Resonanzgüte der Eigenschwingung und durch Verrechnen von ermittelter Stärke und Resonanzgüte erfolgt.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung der Resonanzgüte einer Eigenschwingung durch Verstimmen der entsprechenden Störfrequenz bei gleichzeitigem Messen der dadurch bewirkten Änderung im Auslesesignal erfolgt.
- 35 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sukzessive mehrere Eigenschwingungen des Resonators (2) angeregt werden, entsprechende Änderungen des Auslesesignals erfasst werden, und entsprechende Nullpunktfehlerbeiträge ermittelt werden, wobei der Nullpunktfehler des Corioliskreisels (1') durch

- 11 -

1    Addition der Nullpunktfehlerbeiträge bestimmt wird.

7.    Corioliskreisel (1'), gekennzeichnet durch eine Einrichtung zur Bestimmung des Nullpunktfehlers des Corioliskreisels (1'), mit:

5    -    einer Störeinheit (27), die den Resonator (2) des Corioliskreisels (1') mit entsprechenden Störkräften so beaufschlagt, dass wenigstens eine Eigenschwingung des Resonators (2) angeregt wird, die sich von der Anregungsschwingung und der Ausleseschwingung des Resonators (2) unterscheidet, und

10   -   einer Störsignal-Detektiereinheit (26, 28, 29, 30, 31), die einen Störanteil, der in einem die Ausleseschwingung repräsentierenden Auslesesignal enthalten ist und durch die Anregung der wenigstens einen Eigenschwingung bewirkt wurde, als Maß für den Nullpunktfehler ermittelt.

15   8.    Corioliskreisel (1') nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Störsignal-Detektiereinheit aus zwei in Quadratur zueinander arbeitenden Demodulatoren (28, 29), zwei Tiefpassfiltern (30, 31) und einer Steuer- und Auswerteeinheit (26) besteht, wobei den Demodulatoren (28, 29) das Ausleseschwingungs-Abgriffssignal zugeführt wird, die Ausgabesignale der beiden Demodulatoren (28, 29) durch jeweils eines der Tiefpassfilter (30, 31) gefiltert werden und die Ausgangssignale der Tiefpassfilter (30, 31) der Steuer- und Auswerteeinheit (26) zugeführt werden, die darauf basierend den Nullpunktfehler ermittelt.

25   9.    Corioliskreisel (1') nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuer- und Auswerteeinheit (26) auf Basis der ihr zugeführten Signale die Störeinheit beaufschlagt, womit die Frequenzen der Störkräfte durch die Steuer- und Auswerteeinheit (26) regelbar sind.

30

35

1/2

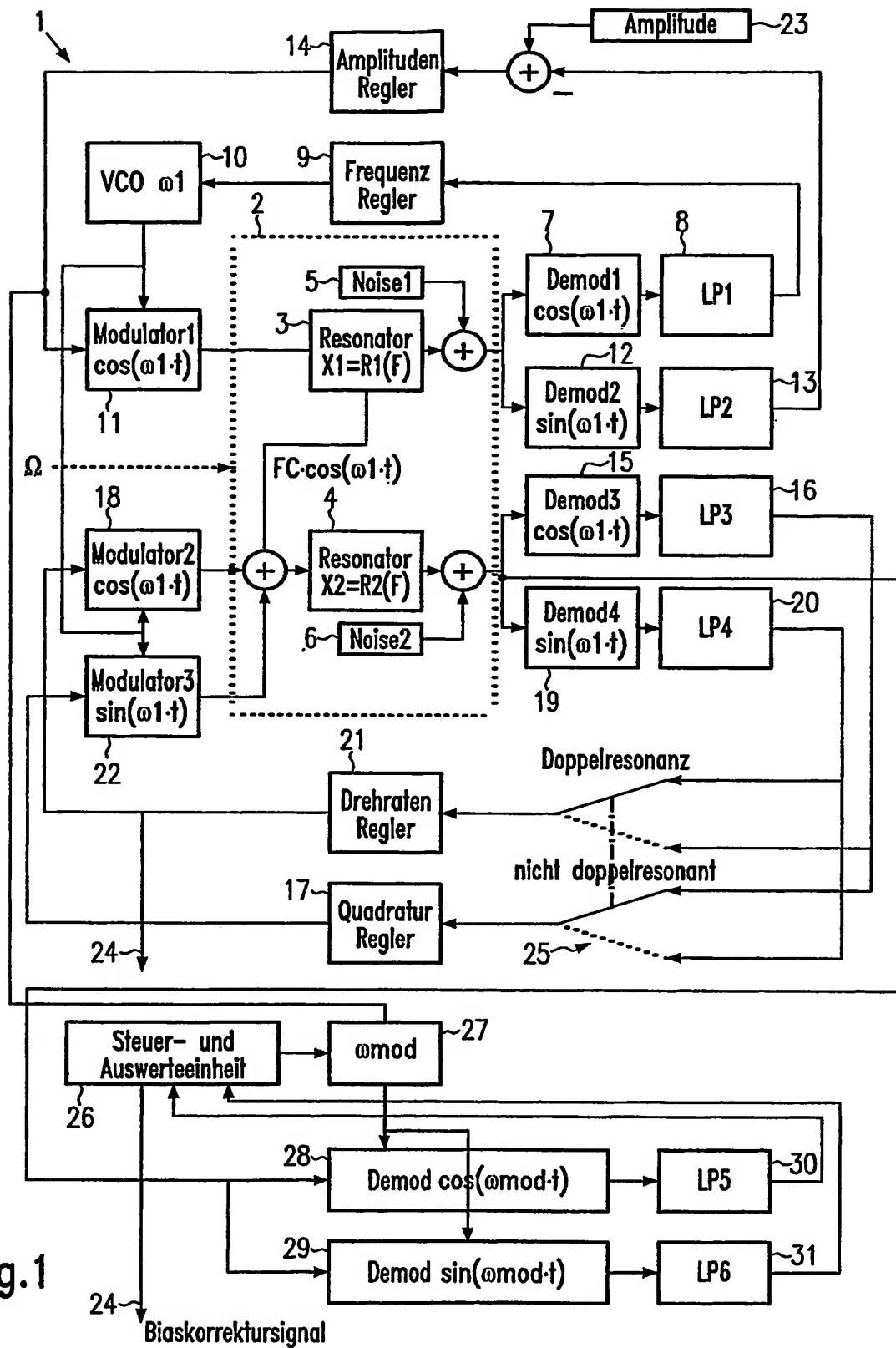


Fig.1

2/2

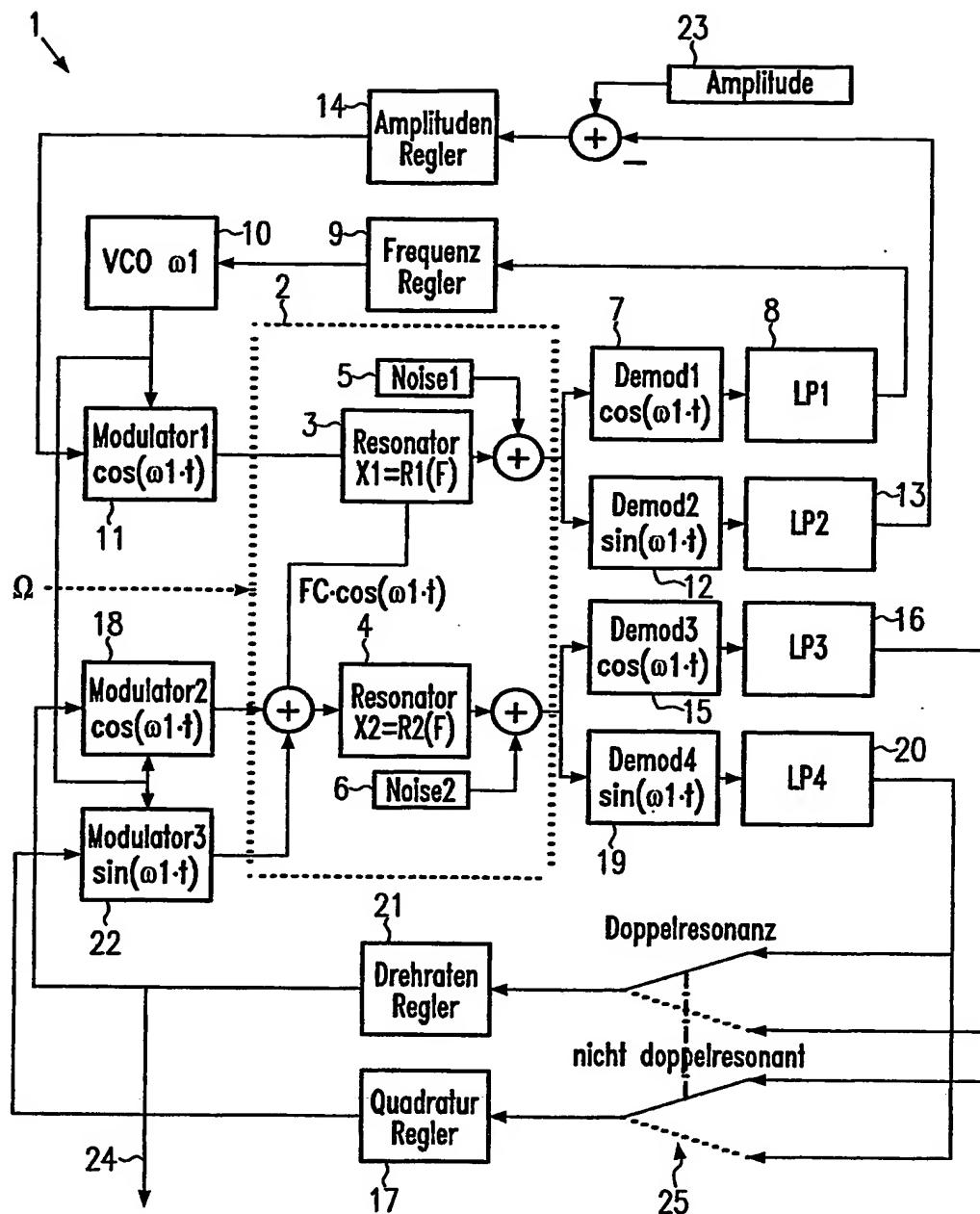


Fig.2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/003248

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01C19/56 G01C25/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01C G01P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 100 49 462 A (BOSCH GMBH ROBERT) 11 April 2002 (2002-04-11) the whole document	1-9
A	DE 44 47 005 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 July 1996 (1996-07-04) the whole document	1-9
A	DE 101 31 760 A (BOSCH GMBH ROBERT) 16 January 2003 (2003-01-16) the whole document	1-9
A	DE 198 45 185 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 20 April 2000 (2000-04-20) the whole document	1-9

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 August 2004

Date of mailing of the International search report

12/08/2004

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Springer, O

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP2004/003248

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 10049462	A	11-04-2002	DE WO EP JP	10049462 A1 0229421 A1 1332374 A1 2004510984 T	11-04-2002 11-04-2002 06-08-2003 08-04-2004
DE 4447005	A	04-07-1996	DE AT BR CN WO DE EP JP PL US	4447005 A1 215688 T 9510246 A 1171154 A ,B 9621138 A1 59510145 D1 0800642 A1 10512049 T 321013 A1 5889193 A	04-07-1996 15-04-2002 04-11-1997 21-01-1998 11-07-1996 08-05-2002 15-10-1997 17-11-1998 24-11-1997 30-03-1999
DE 10131760	A	16-01-2003	DE GB JP	10131760 A1 2379022 A ,B 2003043133 A	16-01-2003 26-02-2003 13-02-2003
DE 19845185	A	20-04-2000	DE CN WO EP JP US	19845185 A1 1320207 T 0020826 A1 1123485 A1 2002526761 T 6564637 B1	20-04-2000 31-10-2001 13-04-2000 16-08-2001 20-08-2002 20-05-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003248

**A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01C19/56 G01C25/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01C G01P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 100 49 462 A (BOSCH GMBH ROBERT) 11. April 2002 (2002-04-11) das ganze Dokument	1-9
A	DE 44 47 005 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Juli 1996 (1996-07-04) das ganze Dokument	1-9
A	DE 101 31 760 A (BOSCH GMBH ROBERT) 16. Januar 2003 (2003-01-16) das ganze Dokument	1-9
A	DE 198 45 185 A (DAIMLER CHRYSLER AG) 20. April 2000 (2000-04-20) das ganze Dokument	1-9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Aussicht oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

3. August 2004

12/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Springer, O

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003248

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10049462	A	11-04-2002	DE	10049462 A1		11-04-2002
			WO	0229421 A1		11-04-2002
			EP	1332374 A1		06-08-2003
			JP	2004510984 T		08-04-2004
DE 4447005	A	04-07-1996	DE	4447005 A1		04-07-1996
			AT	215688 T		15-04-2002
			BR	9510246 A		04-11-1997
			CN	1171154 A ,B		21-01-1998
			WO	9621138 A1		11-07-1996
			DE	59510145 D1		08-05-2002
			EP	0800642 A1		15-10-1997
			JP	10512049 T		17-11-1998
			PL	321013 A1		24-11-1997
			US	5889193 A		30-03-1999
DE 10131760	A	16-01-2003	DE	10131760 A1		16-01-2003
			GB	2379022 A ,B		26-02-2003
			JP	2003043133 A		13-02-2003
DE 19845185	A	20-04-2000	DE	19845185 A1		20-04-2000
			CN	1320207 T		31-10-2001
			WO	0020826 A1		13-04-2000
			EP	1123485 A1		16-08-2001
			JP	2002526761 T		20-08-2002
			US	6564637 B1		20-05-2003